

컴퓨터단층촬영으로 측정한 복강내 지방조직 길이와 내장지방 면적, 내장지방/피하지방 면적비 및 내장지방/골격근 면적비와의 비교

연세대학교 의과대학 내과학교실

김수경 · 김세화 · 이유미 · 최성희 · 조유리
안철우 · 차봉수 · 임승길 · 김경래 · 이현철 · 허갑범

=Abstract=

**The comparison of intra-abdominal fat distance (I-A Fat Distance)
and visceral adipose tissue area (VAT) or visceral fat to skeletal muscle area
ratio (VMR) measured by computed tomography (CT)**

Soo Kyung Kim, M.D., Se Hwa Kim, M.D., Yu Mie Rhee, M.D.,
Seung Hee Choi, M.D., You Lee Cho, M.D., Chul Woo Ahn, M.D.,
Bong Soo Cha, M.D., Sung Kil Lim, M.D., Kyung Rae Kim, M.D.,
Hyun Chul Lee, M.D. and Kap Bum Huh, M.D.

Department of Internal Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background : Visceral fat accumulation plays a major role in metabolic syndrome and increased cardiovascular risks. Clinical evaluation of visceral fat by CT is not widely used because of high cost, low availability, and ionizing radiation risk, and alternative means are required. To assess the usefulness of ultrasound measurement of I-A fat distance for the evaluation of visceral obesity, we compared several length-associated parameters (I-A fat distance, I-A fat distance to thigh muscle length ratio, and I-A fat distance to abdominal subcutaneous fat length ratio) with area-associated parameters (VAT, visceral fat to subcutaneous fat area ratio [VSR] and VMR) measured by CT.

Methods : We evaluated 65 patients with type 2 diabetes (34 men and 31 postmenopausal women). CT scans were obtained at the L4-5 level and the mid-portion between greater trochanter and upper margin patella. I-A fat distance was defined as the distance between the internal face of rectus muscle and the anterior wall of the aorta. Also ultrasonography for measurement of I-A fat distance was performed in 20 men of subjects.

Results : Of the various parameters examined, I-A fat distance was most closely correlated with the VAT ($r=0.76$, $p<0.001$) and VMR ($r=0.71$, $p<0.001$) but not VSR ($r=0.18$, $p=0.22$). This distance positively correlated with serum triglyceride and free fatty acids in men ($r=0.56$ and $r=0.59$, $p<0.05$, respectively), and with uric acid ($r=0.70$, $p<0.05$), fasting insulin levels ($r=0.70$, $p<0.001$), insulin resistance index by HOMA ($r=0.69$, $p<0.001$), systolic blood pressure (SBP) ($r=0.73$, $p<0.05$), and diastolic blood pressure (DBP) ($r=0.85$, $p<0.001$) in women. When the clinical and laboratory data was

• 접수 : 2002년 8월 20일

• 통과 : 2002년 9월 23일

• 교신저자 : 허갑범, 서울특별시 서대문구 신촌동 134번지, 연세대학교 의과대학 내과학교실(120-752)

E-mail : imdrksk@yumc.yonsei.ac.kr

considered by tertiles of I-A distance, serum uric acid, fasting insulin levels, insulin resistance index (HOMA), BMI, waist or hip circumference, SBP, and DBP were significantly higher in the top tertile, but not WHR. I-A fat distance measured by ultrasonography significantly correlated with VAT, VSR, and VMR ($r=0.79$, $r=0.71$, and $r=0.79$, $p<0.05$, respectively).

Conclusion : These results suggest that 1) I-A fat distance may substitute for the VAT in assessment of visceral fat content and may be relatively good parameter indicative of visceral obesity and/or insulin resistance, and 2) several parameters (e.g., VAT, VSR, and VMR) related with visceral fat by CT may be replaced with ultrasonographic I-A fat distance. (Korean J Med 64:49-59, 2003)

Key Words : Visceral fat, Metabolic syndrome, Intra-abdominal fat, Ultrasonography

서 론

비만은 제 2형 당뇨병, 이상지혈증 및 고혈압 등과 관련되어 사회적으로 많은 문제를 야기하고 있으며, 이런 질환들과 관련되어 심혈관계 질환의 위험을 증가시키는 것으로 알려져 있다¹⁾. 비만이 이런 이상 소견들과 관련되는 정확한 기전은 밝혀져 있지 않으나, 최근 여러 연구들에 의하면 국소적인 지방 분포^{2,3)}, 특히 내장 지방의 과잉축적이 대사 질환의 발생에 중요한 역할을 한다는 것은 잘 알려져 있다⁴⁾.

이런 내장 지방의 중요성을 고려할 때, 정확한 내장 지방량의 평가는 매우 중요하다. 요추 4-5 수준에서의 컴퓨터단층촬영은 내장 지방량을 평가하는데 유용한 방법으로 인정되고 있다⁵⁾. 그러나 컴퓨터단층촬영이 고가이며, 방사선에 노출된다는 점 그리고 임상에서 쉽게 이용할 수 없다는 점에서 널리 사용되기에는 제한점이 있어, 진료나 역학 연구에서 비교적 손쉽게 사용할 수 있는 비침습적인 대체 수단이 요구되고 있다. 따라서 허리 둘레, 허리/엉덩이 둘레비(waist to hip circumference ratio, WHR)⁶⁾, 이중에너지 방사선 측정법(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)에 의한 체지방 분석⁷⁾, 또는 복부 초음파를 이용한 복부 지방 측정⁸⁾ 등을 이용하여 내장 지방을 평가하려는 연구들이 이뤄져 왔다. 특히 초음파에 의한 내장 지방 측정은 컴퓨터단층촬영과 비교해 볼 때 내장 지방량 평가에 유용한 방법으로 보고되었으나^{8,9)}, 아직까지 내장 지방 평가에 컴퓨터단층촬영이 주로 이용되고 있는 실정이다.

저자들은 당뇨병 환자에서 컴퓨터단층촬영으로 얻어진 길이와 관련된 지표들(복강내 지방조직 길이[intra-abdominal fat distance, I-A fat distance], 복강내 지방조직/대퇴근육 길이비[I-A fat distance to thigh muscle

length ratio, I-A/M ratio] 및 복강내 지방/복벽피하지방 조직 길이비[I-A fat distance to abdominal subcutaneous fat length ratio, I-A/abd. sc. ratio])과 면적과 관련된 지표들(내장지방 면적[visceral adipose tissue area, VAT], 내장지방/피하지방 면적비[visceral to subcutaneous fat area ratio, VSR] 및 내장지방/골격근 면적비[visceral fat to skeletal muscle area ratio, VMR])을 비교하여 초음파에 의한 내장지방 두께 측정의 근거를 마련하고자 하였고, 또한 컴퓨터단층촬영에서 얻어진 여러 지표들과 초음파에 의해서 측정된 지표들을 서로 비교하였다.

대상 및 방법

1998년부터 2002년 5월까지 연세의료대 세브란스 병원에서 제 2형 당뇨병으로 내원하였던 65명(남성 34명 및 폐경 후 여성 31명)을 연구대상으로 하였다.

모든 환자에서 체질량 지수(body mass index, BMI), 허리 둘레, 엉덩이 둘레, 허리/엉덩이 둘레비, 수축기 및 이완기 혈압 등을 측정하였으며, 10시간 이상 공복 후 채혈하여 혈중 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-cholesterol), 요산, 유리지방산 및 인슐린 농도 등을 측정하였다. 인슐린 저항성은 HOMA (Homeostasis Model Assessment)법에 의해 다음과 같은 공식을 이용하여 계산하였다. $\text{Insulin resistance} = [\text{Insulin } (\mu\text{U/mL}) \times \text{Glucose } (\text{mmol/L})] / 22.5$

또한 모든 환자들에서 컴퓨터단층촬영을 실시하였다. 이는 CT Max II (General Electronic Co., USA)를 이용하여 요추 4-5 수준을 횡단하여, Hounsfield number -150~-50에 속하는 부위를 측정하여 총 복부 지방면적(total abdominal fat area)을 구하였고, 복부와 배부의 복막을 경계로 안쪽을 내장지방 조직(visceral fat

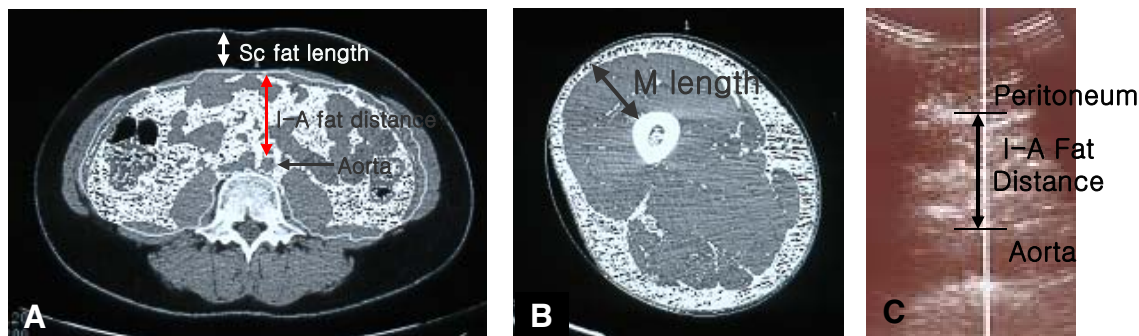


Figure 1. Measurement of the intraabdominal fat distance (I-A fat distance), abdominal subcutaneous fat length (A), and muscle length (B) by computed tomography and I-A fat distance by ultrasonography (C).

tissue)으로, 바깥쪽을 피하지방 조직(subcutaneous fat tissue)으로 나누어 면적을 구하였고, 내장지방/피하지방 면적비(VSR)를 계산하였다. 골격근의 양을 측정하기 위해 대퇴 중간부위(midportion between upper margin of patella and greater trochanter)를 횡단하여, Hounsfield number -49~+100에 속하는 부위의 대퇴 근육면적(thigh muscle area)을 구하고, 내장지방/골격근 면적비(VMR)를 산출하였다. 또한 요추 4-5 수준에서 복근의

내면부터 대동맥의 전면까지를 복강내 지방조직 길이로 정의하였으며, 피부-지방조직 반향적선과 지방조직-복근 반향적선사이를 복부 피하지방 조직 길이로 정의하였다(그림 1A). 대퇴 근육 길이는 가장 긴 장축(longitudinal axis)에서 대퇴직근(rectus femoris muscle) 부위의 피부-지방조직 반향적선과 대퇴골까지의 거리로 정의하였다(그림 1B).

초음파를 이용한 내장지방 측정은 고해상도 B-mode

Table 1. Clinical characteristics of subjects

	All	Men (n=34)	Women (n=31)
Age (years)	52.6±12.0	56.1±9.7	57.5±6.11
Total Cholesterol (mg/dL)	207.5±43.5	209.7±56.8	206.1±33.3
HDL-C (mg/dL)	47.2±11.6	47.6±13.1	47.6±10.9
LDL-C (mg/dL)	129.2±38.6	135.0±52.0	125.7±28.8
Triglyceride (mg/dL)	156.9±76.9	149.0±87.8	161.7±70.8
Lp(a)	25.6±24.0	20.7±13.0	32.0±30.5
FFAs (uEq/L)	657.5±262.5	657.0±281.4	657.9±256.8
Uric acid (mg/dL)	4.9±1.5	5.2±1.5	4.7±1.5
SBP (mmHg)	138.5±25.2	146.7±25.5	131.8±24.0
DBP (mmHg)	86.8±14.5	90.0±16.6	84.1±12.8
BMI (kg/m ²)	26.8±5.0	23.9±3.1	28.5±5.2
WHR	0.95±0.07	0.94±0.05	0.96±0.08
Fasting insulin (mIU/L)	8.5±5.3	7.2±4.2	9.2±5.8
HOMA IR	3.5±2.5	2.8±1.9	3.8±2.7
Visceral fat area (cm ²)	111.4±43.7	102.5±42.9	119.3±43.6
I-A fat distance (cm)	60.7±23.1	58.0±22.5	63.0±23.9

Abbreviations are : HDL-C, HDL-cholesterol; LDL-C, LDL-cholesterol; Lp(a), Lipoprotein(a); FFAs, Free fatty acids; SBP, Systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; BMI, Body mass index; WHR, waist to hip ratio.

초음파기(Toshiba SSA-270A, Japan)의 3.5 MHz 타원형 탐촉자를 이용하여 제대 1 cm 위에서 동일 검사자에 의해 측정하였다. 복강내 지방조직 길이와 복벽 피하지방 조직 길이는 컴퓨터단층촬영에서와 같은 방법으로 정지상으로부터 측정하였다(그림 1C). 검사자내 측정 오차는 4.2%였다.

연구 대상인에서 각각의 인체계측치와 임상지표들간의 상관관계를 평가하기 위해 Pearson's correlation을 이용하였고, 인체계측치의 삼분위에 따른 생화학 지표의 차이는 one-way ANOVA를 이용하였다. 통계적 분석은 SPSS (Statistical Package of Social Science) for Windows (10.0)을 이용하였고, 결과는 평균±표준오차

로 표시하였으며, $p<0.05$ 인 경우에 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 대상군의 임상양상

대상 환자 65명 중 남자는 34명, 여자는 31명이었으며, 연령은 각각 56.1 ± 9.7 세, 57.5 ± 6.11 세였고, 체질량지수는 각각 23.9 ± 3.1 kg/m², 28.5 ± 5.2 kg/m²로 여자에서 더 비만하였다. 다른 신체계측치와 혈청 생화학적 검사치는 표 1과 같다.

Table 2. Correlation of several parameters by CT

Area-associated Length-associated	VAT	VSR	VMR
I-A fat distance	0.76**	0.18	0.71**
I-A/abd. sc. ratio	-0.06	0.40*	-0.11
I-A/M ratio	0.63**	0.19	0.65**
I-A/thigh sc. ratio	-0.06	0.61**	-0.22

Abbreviations are : I-A fat distance, Intra-abdominal fat distance; I-A/abd. sc. ratio, Intra-abdominal fat distance to abdominal subcutaneous fat length ratio; I-A/M ratio, Intra-abdominal fat distance to thigh muscle length ratio; I-A/thigh sc. ratio, Intra-abdominal fat distance to thigh subcutaneous fat length ratio; VAT, visceral adipose tissue area; VSR, visceral to subcutaneous fat area ratio; VMR, visceral fat to thigh muscle area ratio.

* : $p<0.05$, ** : $p<0.001$

Table 3. Correlation coefficient of several parameters with clinical and laboratory data in total subjects

	VAT	VSR	VMR	I-A fat distance	I-A/M ratio
Total Cholesterol	0.01	0.48*	0.04	- 0.12	- 0.14
HDL-C	- 0.18	- 0.21	- 0.22	- 0.17	- 0.26
LDL-C	- 0.06	0.44*	0.01	- 0.19	- 0.12
Triglyceride	0.36*	0.23	0.30	0.42*	0.35*
Lp(a)	- 0.13	- 0.06	- 0.05	- 0.17	0.02
FFAs	0.24	0.01	0.23	0.33	0.16
Uric Acid	0.42*	- 0.01	0.13	0.59*	0.52*
BMI	0.68**	- 0.24	0.71**	0.75**	0.53*
WHR	0.30	0.07	0.46*	0.15	0.29
Waist Circumference	0.76**	- 0.04	0.79**	0.73**	0.63**
Hip Circumference	0.68**	- 0.11	0.60**	0.77**	0.54*
SBP	0.43	0.48*	0.18	0.47*	0.36
DBP	0.29	0.36	0.07	0.38	0.20
Fasting Insulin	0.34	- 0.15	0.34	0.48*	0.22
HOMA-IR	0.42*	- 0.04	0.44*	0.54*	0.27

* : $p<0.05$, ** : $p<0.001$

— 김수경 외 10인 : 컴퓨터단층촬영으로 측정한 복강내 지방조직 길이와 내장지방 면적, 내장지방/피하지방 면적비 및 내장지방/골격근 면적비와의 비교 —

2. 컴퓨터 단층촬영에서 측정한 여러 지표들간의 상관성

컴퓨터단층촬영에서 측정한 길이와 관련된 지표들(복강내 지방조직 길이, 복강내 지방조직/대퇴근육 길이비, 및 복강내 지방/복벽피하지방 조직 길이비)과 면적과 관

련된 지표들(VAT, VSR, 및 VMR 등) 사이의 상관성을 비교하였다(표 2). 복강내 지방조직 길이는 VAT와 VMR과 비교적 좋은 상관관계를 보였으나($r=0.76$, $r=0.71$, $p<0.001$, respectively), VSR과 유의한 상관성을 보이지 않았다($r=0.18$). 복강내 지방조직 길이 이외에 복강내 지방조직/대퇴근육 길이비도 VAT와 VMR과 유의한 상관

Table 4. Correlation coefficient of several parameters with clinical and laboratory data in men

	VAT	VSR	VMR	I-A fat distance	I-A/M ratio
Total Cholesterol	0.16	0.64*	0.30	0.03	0.05
HDL-C	- 0.16	- 0.25	- 0.14	- 0.34	- 0.34
LDL-C	- 0.08	0.56	0.24	- 0.05	0.14
Triglyceride	0.43	0.41	0.39	0.56*	0.47
Lp(a)	- 0.45	- 0.08	- 0.37	- 0.20	0.08
FFAs	0.48	0.03	0.50	0.59*	0.40
Uric Acid	0.43	- 0.14	0.32	0.58	0.53
BMI	0.85**	0.16	0.81*	0.78*	0.77*
WHR	0.54	0.07	0.61*	0.59*	0.62*
Waist Circumference	0.76**	0.12	0.80*	0.80*	0.75*
Hip Circumference	0.82*	0.13	0.75	0.70*	0.66*
SBP	0.54	0.50	0.41	0.35	0.27
DBP	0.12	0.27	- 0.05	0.07	- 0.12
Fasting Insulin	0.03	0.18	0.05	0.09	0.15
HOMA-IR	0.31	0.52	0.37	0.28	0.31

* : $p<0.05$, ** : $p<0.001$

Table 5. Correlation coefficient of several parameters with clinical and laboratory data in women

	VAT	VSR	VMR	I-A fat distance	I-A/M ratio
Total Cholesterol	-0.19	0.19	-0.20	-0.28	-0.42
HDL-C	-0.24	-0.18	-0.38	-0.04	-0.20
LDL-C	-0.19	0.21	-0.15	-0.34	-0.46*
Triglyceride	0.27	0.19	0.23	0.26	0.20
Lp(a)	-0.17	0.25	-0.20	-0.27	-0.02
FFAs	0.01	-0.03	0.02	0.09	-0.07
Uric Acid	0.55*	-0.13	0.20	0.70*	0.61*
BMI	0.59*	-0.13	0.59*	0.78**	0.43
WHR	0.22	0.23	0.47*	-0.03	0.17
Waist Circumference	0.72*	0.07	0.82**	0.68*	0.55*
Hip Circumference	0.64*	-0.14	0.54	0.84**	0.52
SBP	0.62*	0.31	0.40	0.73*	0.72*
DBP	0.71*	0.44	0.48	0.85**	0.78*
Fasting Insulin	0.45*	-0.26	0.41	0.70**	0.23
HOMA-IR	0.44*	-0.23	0.44	0.69**	0.22

* : $p<0.05$, ** : $p<0.001$

관계를 보였다($r=0.63$, $r=0.65$, $p<0.001$, respectively). 복강내 지방조직/대퇴골하지방조직 길이비는 VSR과 유의한 상관관계를 보였으나($r=0.61$, $p<0.001$), VAT 및 VMR과는 유의한 상관성을 보이지 않았다.

3. 컴퓨터단층촬영으로 측정한 여러 지표들과 생화학적 검사치 및 인체 계측치와의 비교

컴퓨터단층촬영에서 측정한 여러 지표들 중 VAT, VSR, VMR, 복강내 지방조직 길이 및 복강내 지방조직/

Table 6. Mean values of clinical and laboratory data for visceral adipose tissue area tertiles

	VAT tertiles (cm ²)			F
	I	II	III	
Total Cholesterol	198±35	229±60	198±30	1.89
HDL-C	50±11	47±11	44±11	0.88
LDL-C	122±26	152±50	118±31	2.60
Triglyceride	122±70	162±53	185±86	2.54
Lp(a)	26.8±21.9	33.5±34.6	20.7±14.4	0.69
FFAs	585±257	682±268	719±271	0.71
Uric Acid	4.1±1.4	4.6±1.2	5.5±1.5	2.25
BMI	22.8±2.0	27.3±7.0	29.9±2.8	8.05**
WHR	0.91±0.04	0.96±0.09	0.98±0.08	0.25
Waist Circumference	81.4±3.7	89.9±10.0	101.1±7.5	14.54**
Hip Circumference	88.7±4.7	94.7±12.6	103.0±5.9	6.10**
SBP	128±21	127±19	153±26	2.95
DBP	83±15	78±6	93±15	1.86
Fasting Insulin	6.1±4.4	9.7±7.6	9.7±4.2	1.73
HOMA-IR	2.1±1.4	4.5±3.9	4.0±1.9	2.98

*, $p<0.05$, **, $p<0.001$

Table 7. Mean values of clinical and laboratory data for visceral fat to skeletal muscle area ratio tertiles

	VMR tertiles			F
	I	II	III	
Total Cholesterol	192±35	226±56	201±29	1.98
HDL-C	51±12	46±13	44±8	0.96
LDL-C	123±28	137±52	124±27	0.44
Triglyceride	102±44	192±84	169±68	5.35*
Lp(a)	30.0±22.0	30.1±32.6	19.2±13.0	0.68
FFAs	552±223	691±254	729±306	1.13
Uric Acid	4.5±1.7	5.0±1.7	5.1±1.1	0.35
BMI	22.9±2.2	24.1±2.7	31.9±3.2	32.93**
WHR	0.92±0.04	0.95±0.09	0.98±0.08	1.92
Waist Circumference	82.0±3.5	87.4±7.4	104.0±6.8	23.70**
Hip Circumference	88.6±5.1	92.4±6.7	106.3±8.5	12.89**
SBP	131±21	138±32	146±21	0.56
DBP	85±15	83±17	91±11	0.50
Fasting Insulin	5.9±4.9	6.8±2.8	11.5±5.8	4.42**
HOMA-IR	2.0±1.5	2.7±1.7	5.1±2.7	6.45*

*, $p<0.05$, **, $p<0.001$

대퇴근육 길이비와 생화학적 인자들과의 상관성을 전체 환자, 남자 환자 그리고 여자 환자에서 각각 비교하였다(표 3-5). 특히 복강내 지방조직 길이의 경우 남자 환자에서는 혈청 중성지방($r=0.56, p<0.05$), 유리지방산 농도($r=0.59, p<0.05$)와 관련이 있었으며, 여자 환자에서는 요산($r=0.70, p<0.05$), 수축기혈압($r=0.73, p<0.05$), 이완기혈압($r=0.85, p<0.001$), 혈청 인슐린 농도($r=0.70, p<0.001$), HOMA-IR ($r=0.69, p<0.001$)등과 상관관계를 보였다.

4. 컴퓨터단층촬영으로 측정한 여러 지표들을 각각 삼분위로 분류한 경우 생화학적 검사소견의 비교

컴퓨터단층촬영으로 측정한 여러 지표들 중 생화학적 검사치들과 좋은 상관관계를 보였던 VAT, VMR, 복강

내 지방조직 길이를 삼분위로 각각 분류하여 비교하였다. VAT의 경우는 체질량지수와 허리 및 엉덩이 둘레를 제외하고는 세 군간에 차이가 없었다(표 6). VMR의 경우 상위 삼분위군은 하위 삼분위군에 비해 혈청 중성지방($p<0.05$), 인슐린($p<0.001$) 및 HOMA-IR ($p<0.05$) 등이 유의하게 높았으며(표 7), 복강내 지방조직 길이의 경우에는 상위 삼분위군에서 요산, 수축기혈압, 이완기혈압, 혈청 인슐린 농도 및 HOMA-IR 등이 유의하게 높았다($p<0.05$, respectively) (표 8).

5. 컴퓨터단층촬영에 의한 여러 지표들과 복부 초음파로 측정한 지표들의 상관관계

컴퓨터단층촬영으로 측정한 VAT, VSR, VMR 등을 초음파로 측정한 복강내 지방조직 길이 및 복강내 지방조직/복벽피하지방조직 길이비와 비교하였다(표 9). 초

Table 8. Mean values of clinical and laboratory data for Intra-abdominal fat distance tertiles

	I-A fat distance tertiles (cm)			F
	I	II	III	
Total Cholesterol	207±30	220±63	194±23	1.03
HDL-C	51±11	45±14	45±9	1.04
LDL-C	127±22	150±55	112±24	2.88
Triglyceride	130±73	149±43	192±94	2.31
Lp(a)	35.3±37.1	23.2±12.3	21.3±16.3	0.99
FFAs	678±281	558±193	821±300	2.26
Uric Acid	4.0±1.2	4.6±1.2	5.8±1.4	4.56*
BMI	22.6±2.1	25.9±3.0	32.1±4.0	23.21**
WHR	0.93±0.6	0.96±0.9	0.96±0.6	0.57
Waist Circumference	81.3±3.5	90.8±9.3	101.9±8.0	14.90**
Hip Circumference	87.2±4.3	93.5±5.3	107.3±7.0	25.02**
SBP	121±19	141±11	158±28	5.63*
DBP	78±11	85±12	98±14	4.18*
Fasting Insulin	5.7±4.4	7.5±3.8	11.8±5.4	5.35*
HOMA-IR	2.0±1.4	3.1±2.0	5.2±2.7	7.07*

*, $p<0.05$, **, $p<0.001$

Table 9. Correlations between several parameters by CT and sonography

	CT	VAT	VSR	VMR
Sonography				
I-A fat distance		0.79*	0.71*	0.79*
I-A/abd. sc. ratio		0.65*	0.76*	0.68*

*, $p<0.05$

음파에 의한 복강내 지방조직 길이는 VAT, VSR 및 VMR 모두와 유의한 상관관계를 보였고($r=0.79$, $r=0.71$, and $r=0.79$, $p<0.05$, respectively), 초음파에 의한 복강내 지방조직/복벽피하지방 조직 길이비 또한 좋은 상관관계를 나타내었다($r=0.65$, $r=0.76$, and $r=0.68$, $p<0.001$, respectively).

고 찰

지방의 분포는 전신 지방조직의 총량이 동일한 사람들에서도 다양하다. 특히 중심성 비만(central obesity)은 전신비만에 비해 인슐린저항성과 고인슐린혈증, 당불내인성, 이상지혈증, 고혈압 및 심혈관계 질환 등을 포함하는 대사 증후군의 중요한 예측인자로 알려져 있다^{1, 10}. 또한 체질량지수는 높지 않지만 복부 비만을 가지고 있는 비비만인에서도 인슐린 저항성이 증가하는 것으로 보고 되어 있다¹¹. 중심성 비만과 관련된 인슐린 저항성의 증가가 내장지방만의 증가 때문인지, 아니면 내장지방과 복부 피하지방 모두의 증가 때문인지는 아직 논란의 여지가 있다.

중심성 비만이 특히 문제가 되는 이유는 지방조직의 분포 부위에 따라 대사적 특성이 변하기 때문이다. 내장 지방 세포는 피하지방 세포에 비해 기초 지방분해율이 더 높으며¹², 인슐린의 지방분해 억제작용에 덜 민감한 것으로 알려져 있다. 또한 렙틴(leptin)이 피하지방 조직에 비해 내장지방 조직에서 덜 분비되므로, 피하지방에서 내장지방 증가로 체지방 분포의 변화는 렙틴에 의해 매개되는 음식 섭취 조절 반응에 덜 효과적이게 된다. 그 외에도 피하지방 조직에 비해 내장지방 조직에서 angiotensinogen mRNA가 더 많이 발현되는 것으로 보아¹³, 내장 지방의 증가가 대사 증후군의 한 요소인 고혈압의 발생에 기여할 것으로 생각되며, 내장 지방의 증가는 간문맥 혈중 유리 지방산 농도를 높이고¹⁴, 이는 다시 간에서 인슐린 감수성을 감소시키는 것으로 보고 되어 있다.

이런 내장지방의 중요성으로 체내 지방분포를 평가할 수 있는 방법들이 많이 연구되었고, 그 중 컴퓨터단층촬영은 내장지방량을 평가할 수 있는 좋은 진단법의 하나로 여겨지고 있다⁵. Tokunaga 등¹⁵은 비만인을 대상으로 컴퓨터단층촬영에 의해 제대 수준에서 내장지방/복부피하지방 면적비(VSR)를 측정하여 0.4 이상일 때 내장지방형(visceral type), 0.4 미만일 때 피하지방형

(subcutaneous type) 비만으로 정의하였다. 그러나 방사선 노출, 고비용, 낮은 장비 이용성 등 내장비만을 진단하기 위해 임상에서 컴퓨터단층촬영을 이용하는 데는 많은 제한점을 갖고 있었다. 따라서 실제 임상진료에서 손쉽고, 간편하게 내장비만을 평가하기 위해서 많은 연구들이 이뤄져 왔다.

가장 간편한 방법으로 허리 둘레의 측정을 들 수 있는데, 이는 허리/엉덩이 둘레비에 비해 VAT나 심혈관계 위험 인자들과 밀접하게 연관성이 있고^{16, 17}, 특히 허리 둘레가 100 cm 이상이거나 복부 전·후면 길이가 25 cm 이상인 경우 지단백 대사와 인슐린-포도당 항상성에 장애를 유발할 수 있다고 보고하여¹⁶, 가장 간단하면서도 좋은 인체 측정치라고 알려져 있다. 허리 둘레와 더불어 허리/엉덩이 둘레비도 지방의 국소 분포를 평가하는데 널리 사용되고 있는데, 남자에서는 당뇨병의 발생을 예측할 수 있으며¹⁸, 남자와 여자 모두에서 관상동맥 질환의 발생과 관련이 있다고 보고하였다¹⁹. 그러나 Pouliot 등¹⁶은 같은 허리/엉덩이 둘레비를 가지고 있더라도 총지방량과 대사 증후군과 관계있는 복부 내장 지방조직 양이 다양할 수 있어, 심혈관계 질환을 예측하는 인체측정치로는 한계점이 있다고 하였다. 이런 이유로 허리/엉덩이 둘레비는 비만의 정도와 무관하게 체지방 분포를 평가할 수 있지만, 복부 내장 지방조직의 양을 평가하는 데는 허리/엉덩이 둘레비에 비해 허리 둘레가 더 우수하다고 생각되고 있다. 본 연구에서도 VAT, VMR, 복강내 지방조직 길이를 삼분위로 분류하였을 때, 각 군간 허리 둘레는 뚜렷한 차이를 보였으나 허리/엉덩이 둘레비의 경우 차이가 없어, 허리/엉덩이 둘레비의 경우 내장 비만을 평가하는데 제한점이 있음을 알 수 있었다.

또한 이중에너지 방사선 측정법으로 비만인에서 전체 체지방량 뿐만 아니라, 내장지방도 비교적 정확하게 측정할 수 있다고 보고하였다⁷. 그러나 내장지방을 평가하는데 허리 둘레나 복부 전·후면 길이에는 미치지 못하는 것으로 보고 되어 있고²⁰, 이중에너지 방사선 측정법 또한 방사선에 노출되며, 임상적으로 손쉽게 사용하기에는 어려움이 있다.

이런 이유로 가장 손쉽게 이용할 수 있는 초음파기를 이용하여 내장비만을 진단하고자 하는 연구들이 있었으며, VAT와 좋은 상관관계가 있음을 보고하였다. Tornaghi 등⁸은 초음파에 의한 복강내 지방 조직 길이가 요추 4-5

수준에서 컴퓨터단층촬영으로 측정된 VAT와 유의한 상관관계가 있음을 보고하여($r=0.89-0.91$), 초음파에 의한 복강내 지방 조직 길이 측정이 복강내 지방 조직을 평가하는 우수한 방법이 될 수 있음을 시사하였다. 최근 Ribeiro-Filho 등²¹⁾은 초음파가 내장 지방을 평가하고, 더불어 대사 증후군이 동반된 심혈관계 질환의 위험이 높은 환자들을 평가하는데 비침습적이면서도, 정확하며 신뢰할 만한 검사 방법이라고 주장하였다. 실제로 Armellini 등²²⁾은 26명의 비만한 여성에서 15일간의 초저열량 식사로 체중을 감량한 후 내장지방의 감소 정도를 초음파 및 컴퓨터단층촬영으로 평가하였는데, 초음파에 의한 복강내 지방조직 길이 측정이 컴퓨터단층촬영에 의한 VAT 또는 VSR에 비해 정확한 변화를 측정할 수 있어, 초음파가 내장지방 평가에 좋은 방법임을 주장한 바 있다.

본 연구에서는 초음파에 의한 내장지방 측정 전에 먼저, 같은 방법으로 컴퓨터 단층촬영에서 복강내 지방조직의 길이 등을 측정하여 VAT 및 다른 지표들과 비교하여, 초음파에 의한 길이 측정이 컴퓨터 단층촬영에 의한 VAT 등의 지표들을 대신할 수 있는지 알아보았다. 복강내 지방조직 길이 및 복강내 지방조직/대퇴근육 길이비는 VAT와 VMR과 비교적 좋은 상관관계를 보였고, 복강내 지방조직/대퇴피하지방조직 길이비도 VSR과 좋은 상관관계를 보이는 것을 알 수 있어, 초음파에 의한 이런 조직들의 길이와 이들을 이용한 새로운 지표들(복강내 지방조직/대퇴근육 길이비 또는 복강내 지방조직/대퇴피하지방조직 길이)의 유용성을 예상할 수 있었다. 이를 바탕으로 20명의 환자들에서 컴퓨터 단층촬영과 복부 초음파를 동시에 시행하여, 초음파에 의한 복강내 지방 조직 길이가 VAT, VMR, VSR 등과 좋은 상관관계를 나타낼 수 있었다.

결론적으로 초음파기를 이용한 내장지방 측정은 컴퓨터단층촬영에 의한 측정을 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 컴퓨터단층촬영에 비해 초음파기는 매우 저렴한 비용으로, 방사선 노출이 없으며, 실제 임상에서 쉽게 이용할 수 있어, 정확한 내장지방의 측정 방법만 정립한다면, 대사 증후군과 밀접한 관련이 있는 내장비만을 간편하게 진단할 수 있을 뿐 아니라, 인슐린 저항성을 낮추기 위한 식사 및 운동요법과 여러 가지 약물 등의 효과를 쉽게 평가할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

배경 : 내장지방의 과잉 축적은 대사 증후군 및 심혈관계 질환 등의 발생에 중요한 역할을 한다. 이런 내장지방을 평가하는데 컴퓨터단층촬영이 좋은 방법으로 알려져 있으나, 고가이며, 방사선에 노출되며 그리고 쉽게 임상에서 이용하기 어렵다는 점에서 널리 사용되기에는 많은 제한점을 갖고 있다. 따라서 비교적 손쉽게 사용할 수 있는 비침습적인 평가 방법이 요구되고 있다. 본 연구에서는 내장비만을 평가하는데 복부 초음파의 유용성을 평가하기에 앞서, 컴퓨터단층촬영에서 얻어진 길이와 관련된 지표들(복강내 지방조직 길이 등)과 면적과 관련된 지표들(내장지방 면적 등)을 비교하여, 초음파에 의한 내장지방 두께 측정의 근거를 마련하고자 하였다.

대상 및 방법 : 제 2형 당뇨병으로 연세의료 세브란스 병원을 방문한 65명을 대상으로 하였다. 모든 환자에서 체질량지수, 허리 둘레, 엉덩이 둘레, 수축기 및 이완기 혈압 등을 측정하였고, 공복 후 혈청 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤, 요산, 유리지방산 및 인슐린 농도를 측정하였다. 또한 모든 환자에서 요추 4-5와 대퇴 중간수준에서 컴퓨터단층촬영을 시행하여, 각각 내장지방, 복부 피하지방, 골격근 면적을 측정하였고, 복강내 지방조직 길이, 복벽 피하지방 길이 등도 측정하였다. 20명의 환자에서는 내장지방 측정을 위해 제 1 cm 위에서 복부 초음파를 시행하였고, 컴퓨터단층촬영에서와 같은 방법으로 복강내 지방조직 길이 및 복벽 피하지방 길이를 측정하였다.

결과 : 컴퓨터단층촬영으로 측정된 여러 가지 지표들 중 복강내 지방조직 길이는 내장지방 면적과 내장지방/골격근 면적비와는 비교적 좋은 상관관계를 보였으나($r=0.76$, $r=0.71$, $p<0.001$, respectively), 내장지방/피하지방 면적비와는 유의한 상관성을 보이지 않았다($r=0.18$). 복강내 지방조직 길이의 경우 남자 환자에서는 혈청 중성지방($r=0.56$, $p<0.05$), 유리지방산 농도($r=0.59$, $p<0.05$)와 관련이 있었으며, 여자 환자에서는 요산($r=0.70$, $p<0.05$), 수축기혈압($r=0.73$, $p<0.05$), 이완기혈압($r=0.85$, $p<0.001$), 혈청 인슐린 농도($r=0.70$, $p<0.001$), HOMA-IR ($r=0.69$, $p<0.001$) 등과 상관관계를 보였다. 복강내 지방조직 길이를 삼분위로 분류하였을 때, 상위 삼분위군에서 요산, 수축기혈압, 이완기혈압, 혈청 인슐린 농도 및 HOMA-IR 등이 유의하게 높았다($p<0.05$, respectively). 초음파

로 측정된 복강내 지방조직 길이는 내장지방 면적, 내장 지방/피하지방 면적비 및 내장지방/골격근 면적비 모두와 유의한 상관관계를 보였다($r=0.79$, $r=0.71$, and $r=0.79$, $p<0.05$, respectively).

결론 : 복강내 지방조직 길이는 내장비만을 평가하는데 내장지방 면적 등을 대신할 수 있고, 초음파를 이용한 내장지방 측정은 컴퓨터단층촬영을 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 정확한 내장지방 측정방법만 모색한다면, 초음파기는 내장비만을 간편하게 측정할 수 있을 뿐 아니라, 이를 개선하기 위한 여러 가지 치료 방법들의 효과를 쉽게 평가할 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCE

- 1) Larsson B, Svardsudd K, Welin L, Wilhelmsen L, Bjorntorp P, Tibblin G. *Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13-year follow-up of participants in the study of men born in 1913. BMJ* 288:1401-1404, 1984
- 2) Kissebah AH, Vydelingum N, Murray R, Evans DJ, Hartz AJ, Kalkhoff RK, Adams PW. *Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. J Clin Endocrinol Metab* 54:254-260, 1982
- 3) DeFronzo RA, Ferrannini E. *Insulin resistance: a multifaceted syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease. Diabetes Care* 14: 173-194, 1991
- 4) Fujioka S, Matsuzawa Y, Tokunaga K, Tarui S. *Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. Metabolism* 36:54-59, 1987
- 5) Rossner S, Bo WJ, Hiltbrandt E, Hinson W, Karstaedt N, Santiago P, Sobol WT, Crouse JR. *Adipose tissue determinations in cadavers: a comparison between cross-sectional planimetry and computed tomography. Int J Obes* 14:893-902, 1990
- 6) Seidell JC, Cigolini M, Charzewska J, Ellsinger BM, Deslypere JP, Cruz A. *Fat distribution in european men: a comparison of anthropometric measurements in relation to cardiovascular risk factors. Int J Obes Relat Metab Disord* 16:17-22, 1992
- 7) Bertin E, Marcus C, Ruiz JC, Eschard JP, Leutenegger M. *Measurement of visceral adipose tissue by DXA combined with anthropometry in obese humans. Int J Obes Relat Metab Disord* 24:263-270, 2000
- 8) Tornaghi G, Raiteri R, Pozzato C, Rispoli A, Bramani M, Cipolat M, Craveri A. *Anthropometric or ultrasonic measurements in assessment of visceral fat?: a comparative study. Int J Obes Relat Metab Disord* 18:771-775, 1994
- 9) Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, Bosello O. *Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography. Int J Obes Relat Metab Disord* 17:209-214, 1993
- 10) Bjorntorp P. *Portal adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. Arteriosclerosis* 10:493-496, 1990
- 11) Kahn SE, Prigeon RL, Schwartz RS, Fujimoto WY, Knopp RH, Brunzell JD, Porte D Jr. *Obesity, body fat distribution, insulin sensitivity and islet beta-cell function as explanations for metabolic diversity. J Nutr* 131:354S-360S, 2001
- 12) Arner P. *Differences in lipolysis between human subcutaneous and omental adipose tissues. Ann Med* 27:435-438, 1995
- 13) Dusserre E, Moulin P, Vidal H. *Differences in mRNA expression of the proteins secreted by the adipocytes in human subcutaneous and visceral adipose tissues. Biochim Biophys Acta* 1500:88-96, 2000
- 14) Ferrannini E, Barrett EJ, Bevilacqua S, DeFronzo RA. *Effect of fatty acids on glucose production and utilization in man. J Clin Invest* 72:1737-1747, 1983
- 15) Tokunaga K, Matsuzawa Y, Ishikawa K, Tarui S. *A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. Int J Obes* 7:437-445, 1983
- 16) Pouliot MC, Despres JP, Lemieux S, Moorjani S, Bouchard C, Tremblay A, Nadeau A, Lupien PJ. *Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. Am J Cardiol* 73:460-468, 1994
- 17) Despres JP, Purd'homme D, Pouliot MC, Tremblay A, Bouchard C. *Estimation of deep abdominal adipose-tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men. Am J Clin Nutr* 54:471-477, 1991
- 18) Ohlson LO, Larsson B, Svardsudd K, Welin L, Eriksson H, Wilhelmsen L, Bjorntorp P, Tibblin G. *The influence of body fat distribution on the incidence of diabetes mellitus: 13.5 years of follow-up of the participants in the study of men born in 1913. Diabetes* 34:1055-1058, 1985
- 19) Lapidus L, Bengtsson C, Larsson B, Pennert K, Rybo E, Sjostrom L. *Distribution of adipose tissue and risk*

– Soo Kyung Kim, et al : The comparison of intra-abdominal fat distance (I-A Fat Distance) and visceral adipose tissue area(VAT) or visceral fat to skeletal muscle area ratio (VMR) measured by computed tomography (CT) –

- of cardiovascular disease and death: a 12 year follow-up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden. BMJ 289:1257-1261, 1984*
- 20) Clasey JL, Bouchard C, Teates CD, Riblett JE, Thorner MO, Hartman ML, Weltman A. *The use of anthropometric and dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) measures to estimate total abdominal and abdominal visceral fat in men and women. Obes Res 7:256-264, 1999*
- 21) Ribeiro-Filho FF, Faria AN, Kohlmann O Jr, Ajzen S, Ribeiro AB, Zanella MT, Ferreira SR. *Ultrasonography for the evaluation of visceral fat and cardiovascular risk. Hypertension 38:713-717, 2001*
- 22) Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Bergamo -Andreis IA, Robbi R, de Marchi M, Bosello O. *Sonography detection of small intra-abdominal fat variations. Int J Obes 15:847-852, 1991*
-